

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-202476

(43)Date of publication of application : 18.07.2003

(51)Int.Cl.

G02B 7/00  
G02B 7/198  
G02B 26/00

(21)Application number : 2002-000449

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 07.01.2002

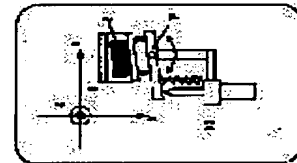
(72)Inventor : OKADA HIDEO  
SAKATA YUJI  
WAKANA SHINICHI

(54) OPTICAL AXIS ADJUSTING METHOD AND OPTICAL AXIS ADJUSTING DEVICE FOR WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATOR, AND ASSEMBLING METHOD FOR THE WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATOR

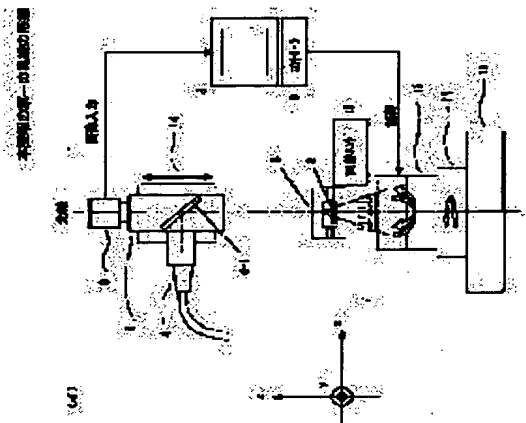
(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical axis adjusting method and optical axis adjusting device for a wavelength dispersion compensator and an assembling method for the wavelength dispersion compensator which actualizes an accurate wavelength dispersion characteristic of the wavelength dispersion compensator by adjusting the center axis of an aspherical surface mirror constituting the wavelength dispersion compensator to an accurate direction.

**SOLUTION:** Reflected light from the aspherical surface mirror which is obtained by irradiating the aspherical surface mirror with parallel light from a Z-axis direction is used to adjust the angle between the normal to the center axis of the aspherical surface mirror and the Z axis, the angle between the center axis of the aspherical surface mirror and an X axis, and the angle between a travel axis, obtained by detecting a reference position on a moving stage mounted with the aspherical surface mirror by irradiating the moving stage with light from the Z-axis direction and finding the moving vector of the reference position by moving the stage, and a Y axis.



(1a)



(5)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-202476  
(P2003-202476A)

(43) 公開日 平成15年7月18日 (2003.7.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース (参考)

G 0 2 B 7/00  
7/198  
26/00

C 0 2 B 7/00  
26/00  
7/18

D 2 H 0 4 1  
2 H 0 4 3  
B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-449 (P2002-449)

(22) 出願日 平成14年1月7日 (2002.1.7)

(71) 出願人 000003273

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 岡田 英夫

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 阪田 裕司

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100072590

弁理士 井桁 貞一

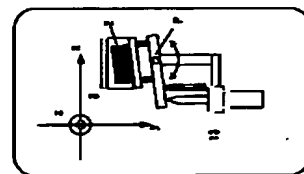
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法

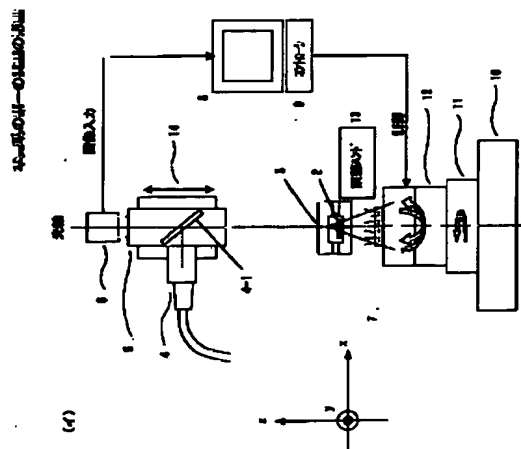
(57) 【要約】

【課題】 波長分散補償器を構成する非球面ミラーの中心軸を正確な方向に調整して、波長分散補償器の正確な波長分散特性を実現する波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法を提供する。

【解決手段】 Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して得られる該非球面ミラーからの反射光による、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整と、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とがなす角度の調整とを行なう。



(a)



(b)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 検知光学系の光軸をZ軸とし、該検知光学系が検知した画像の撮像手段によって規定される、Z軸と直交する2次元座標をX軸及びY軸とする時、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して得られる該非球面ミラーからの反射光による、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整と、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とがなす角度の調整とを行なうことを特徴とする波長分散補償器の光軸調整方法。

【請求項2】 請求項1記載の波長分散補償器の光軸調整方法において、上記Z軸方向から上記非球面ミラーに照射する平行光を、X軸方向及びY軸方向に線状に整形されたレーザ光とすることを特徴とする波長分散補償器の光軸調整方法。

【請求項3】 検知光学系の光軸をZ軸とし、該検知光学系が検知した画像の撮像手段によって規定される、Z軸と直交する2次元座標をX軸及びY軸とする時、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して該非球面ミラーからの反射光を検出する光学系と、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうためにX-Y平面をX軸及びY軸まわりで回転させるゴニオ・ステージ、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行なうための調整ハンドと、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とのなす角度の調整を行なうためのX-Y平面をX軸方向とY軸方向に移動させるX-Yステージ、及び、X-Y平面をZ軸まわりに回転させる回転ステージとを備えることを特徴とする波長分散補償器の光軸調整装置。

【請求項4】 請求項3記載の波長分散補償器の光軸調整装置を使用して該非球面ミラーの中心軸を適性な方向に調整した後で、VIPAAセンブリの光軸を上記Z軸に一致させ、該VIPAAセンブリが出力する光ビームの有効断面の長軸を上記Y軸に一致させて、該VIPAAセンブリと、該非球面ミラーを搭載した移動ステージを搭載した部材とを固定することを特徴とする波長分散補償器の組み立て方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分散補償器の

光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法に係り、特に、波長分散補償器を構成する非球面ミラーの中心軸を正確な方向に調整して、波長分散補償器の正確な波長分散特性を実現する波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法に関する。

【0002】 光ファイバを伝送媒体とした光伝送システムは、耐雑音特性が優れていること、高速なデジタル信号によって連続光信号を変調する電気-光変換素子と変調を受けた光信号から高速デジタル信号を抽出する光-電気変換素子に恵まれていること、伝送速度が高速化されても光ファイバ伝送路が低伝送損失であることによる長距離伝送又は長スパン伝送に適していること、及び、既設の光ファイバ伝送路を使用して波長多重方式を採用することにより容易に伝送容量を増加させ得ることなど多くの理由によって、1950年代前半に実用化されて以降世界中で基幹デジタル伝送システムとして適用されており、技術的にも発展を続けてきている。

【0003】 さて、電気信号を伝送する場合には、電気信号に歪みを与える主たる原因として損失の周波数特性（損失歪み）と群遅延時間の周波数特性（群遅延歪み又は位相歪み）が存在しており、損失歪みと群遅延歪みの双方を補償する必要があった。一方、光信号を伝送する場合にも、電気信号を伝送する場合に比較して比較的低速では影響が少ないという利点はあるものの、高速化が進むほど損失歪みと群遅延歪みの影響を無視できなくなことは電気信号の伝送と同様である。

【0004】 特に、群遅延歪みと等価である波長分散による波形劣化の影響が顕著になり、波長多重伝送方式のように広い波長帯を使う光伝送システムにおいてはその影響が更に顕著になる。従って、種々の原理による波長分散補償器によって波長分散を補償するようになっているが、光ファイバ伝送路長や光伝送装置の構成に違いがあるので、光ファイバ伝送路や光伝送装置に適用される光フィルタの特性（以降は、上記「光ファイバ伝送路や光伝送装置に適用される光フィルタの特性」を、例えば「光ファイバ伝送路の特性」と略記する。）に順応できる波長分散補償器を適用することが望ましい。

## 【0005】

【従来の技術】 図8は、波長分散の補償を示す図である。図8において、101は光送信機、102は光伝送路を形成する光ファイバ伝送路、103は波長分散補償器、104は光受信機である。最も基本的には光送信機101、光ファイバ伝送路102及び光受信機104によって光伝送システムを構成するが、光ファイバ伝送路の波長分散特性を無視しえないような光ファイバ伝送路を使用する場合や高速伝送を行なう場合に、図8の如く波長分散補償器103を挿入する。

【0006】 図8の構成による波長分散補償は下記のように行なわれる。即ち、光送信機101から送信される

1ビットの送信波形は図8①の如きもので、光ファイバ伝送路の波長分散の影響を受けていないものである。一般に、光ファイバ伝送路102を通過した受信波形は、光ファイバ伝送路102の波長分散の影響を受けて、図8②の如く半値幅が広がって、光ファイバ伝送路の損失がなくてもピーク値が小さくなる。

【0007】図8の構成では、光ファイバ伝送路102とは逆の波長分散特性を有する波長分散補償器103を挿入しているので、波長分散補償器103を通過して光受信機104に入力される補償波形③は、送信波形①と同じ波形になる。即ち、半値幅とピーク値が送信波形①と同じになる。この補償波形を受けて光受信機104において光信号を電気信号に変換して、変換された電気信号を識別して元のデジタル信号を再生するので、光送信機101において連続光信号を強度変調したデジタル信号を正確に再生することができる。

【0008】尚、図8では、波長分散補償器103を光ファイバ伝送路102と光受信機104の接続点に挿入する例を示しているが、波長分散補償器103を光送信機101と光ファイバ伝送路102の接続点に挿入してもよい。前者を波長分散の等化といい、後者を波長分散の予等化という。さて、波長分散補償器を構成する技術としては代表的な2つの技術がある。

【0009】その第一は、光ファイバ伝送路の波長分散特性と逆の波長分散特性を有する分散補償ファイバを光ファイバ伝送路の入力又は出力にタンデムに挿入するものである。しかし、光ファイバ伝送路の波長分散特性と逆の波長分散特性を有する分散補償ファイバを光ファイバ伝送路にタンデムに挿入する方式では、光ファイバ伝送路の波長分散特性が温度によって変化する場合や、光送信機内の構成に变化があって光フィルタの段数が変わった場合や、光ファイバ伝送路と光送信機内の光フィルタの波長分散特性に経年変化がある場合における波長分散特性の変化に柔軟に追従できないという不利な点がある。

【0010】そこで開発されたのが、VIPA (Virtually Imaged Phased Array の頭文字による略語で、複数の波長の合成である光信号を波長毎に分岐するものを指す。)と非球面ミラーとを組み合わせて、分岐された異なる波長毎に異なる長さの経路を経由させて光ファイバ伝送路の波長分散の逆特性を実現するVIPA波長分散補償器である。

【0011】図9は、VIPA波長分散補償器である。図9において、1はVIPAアセンブリ、2は非球面ミラー、3は非球面ミラー2を搭載して移動させる移動ステージである。尚、非球面ミラー2は移動ステージ3上に搭載、固定されている。ここで、VIPAアセンブリ1は、下記のように構成されている。

【0012】即ち、受信光をVIPAアセンブリ1内に射出し、VIPAアセンブリ1内で異なる波長毎に異な

る経路を通ってきた光を受ける光ファイバ1-1、光ファイバ1-1から射出される光を平行光に変換して射出し、逆方向から入射される光を光ファイバ1-1の端面に集束するコリメート・レンズ1-2、コリメート・レンズ1-2から射出される平行光をVIPAに集束し、VIPAから射出されてくる光を平行光に変換するコリメート・レンズ1-3、コリメート・レンズ1-3から入射される光を多重反射させて異なる波長毎に分岐し、反対側から入射される光を多重反射させて合成してコリメート・レンズ1-3に射出するVIPA1-4、VIPA1-4が異なる波長毎に射出した光を波長毎に非球面ミラー2の異なる位置に集束し、非球面ミラー2で反射して戻ってくる光を平行光化するコリメート・レンズ1-5を備えている。

【0013】さて、VIPAアセンブリ1の光軸は3次元座標のZ軸方向、コリメート・レンズ1-5が異なる波長の光を非球面ミラー2に集束させる方向はY軸方向、移動ステージの移動方向はX軸方向であるものとする。図10は、非球面ミラーの役割を説明するための図である。図10(イ)において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。

【0014】図10(イ)では、異なる波長の光 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 及び $\lambda_3$ の3波が非球面ミラー2の特定のX座標においてY軸方向の異なる位置に集束されている状態を示している。そして、非球面ミラー2はX座標によって異なる断面形状を有している。断面形状を示したのが図10の(ロ)乃至(ニ)であり、図10(ロ)は、図10(イ)において①によって示したX座標における非球面ミラー2の断面図、図10(ハ)は、図10(イ)において②によって示したX座標における非球面ミラー2の断面図、図10(ニ)は、図10(イ)において③によって示したX座標における非球面ミラー2の断面図である。

【0015】即ち、非球面ミラー2の断面形状は、X座標が①近傍では凹面鏡、X座標が②近傍では平面鏡に近い鏡、X座標が③近傍では凸面鏡となっており、X座標の①から③方向への変化に応じて連続的に変化している。図10(ハ)のみに、図10(イ)の $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 及び $\lambda_3$ の入射光と反射光を示しているが、非球面ミラー2の中心軸上に入射した波長 $\lambda_2$ の光は入射光軸と同じ光軸方向に反射してゆく。これに対して、波長 $\lambda_2$ の光よりY軸方向高い位置に入射した波長 $\lambda_1$ の光は入射光軸より若干上方向に反射し、波長 $\lambda_2$ の光よりY軸方向低い位置に入射した波長 $\lambda_3$ の光は入射光軸より若干下方向に反射してゆく。

【0016】これに対して、図10(ニ)の凸面鏡に図10(イ)の $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 及び $\lambda_3$ の光が、それぞれ、図10(イ)と同じY座標の位置に入射された場合には、波長 $\lambda_2$ の光は入射光軸と同じ光軸方向に反射し、波長 $\lambda_1$ の光は図10(ハ)の場合より上方向に反射し、波

長 $\lambda_3$ の光は図10(ハ)の場合より下方向に反射してゆく。

【0017】又、図10(ロ)の凹面鏡に図10(イ)の $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 及び $\lambda_3$ の光が図10(イ)と同じY座標の位置に入射された場合には、波長 $\lambda_2$ の光は入射光軸と同じ光軸方向に反射し、波長 $\lambda_1$ の光は入射方向より下方向に反射し、波長 $\lambda_3$ の光は入射方向より上方向に反射してゆく。ここで、非球面ミラーに入射した光が入射光軸と同じ光軸方向に反射する点を結んだ線を非球面ミラーの中心軸と呼ぶことにする。即ち、該中心軸は非球面ミラーの表面上で直線である。

【0018】上記の如く、非球面ミラーにおいて反射した光は図10のコリメート・レンズ1-5、VIPA1-4、コリメート・レンズ1-3及びコリメート・レンズ1-2を介して光ファイバ1-1の端面に入射される。そして、光ファイバ1-1の端面を射出してから光ファイバ1-1の端面に入射されるまでに異なる波長の光は異なる長さの経路を通ってくる。

【0019】例えば、図10(ニ)の凸面鏡で反射した場合には波長 $\lambda_1$ の光が最長の経路を通り、波長 $\lambda_3$ の光が最短の経路を通過して光ファイバ1-1の端面に戻り、図10(ロ)の凹面鏡で反射した場合には波長 $\lambda_3$ の光が最長の経路を通り、波長 $\lambda_1$ の光が最短の経路を通過して光ファイバ1-1の端面に戻ってくる。即ち、非球面ミラー2のX座標のいずれの位置で反射するかによって異なる波長毎の経路長が異なって光ファイバ1-1の端面に戻ってくるので、移動ステージ3をX軸方向に移動することによってVIPA波長分散補償器における波長分散特性を制御することができる。

【0020】図11は、非球面ミラーの断面形状と補償後の波形の関係を示す図である。図11(イ)は受信波形で、光ファイバ伝送路の波長分散の影響を受けて波形が劣化している。これに対して、図11(ハ)に示した㊟の位置での断面で反射した場合に、波長分散 $\lambda_2$ の光に対して波長 $\lambda_3$ の光が若干短い経路を通り、波長 $\lambda_1$ の光が若干長い経路を通過して戻る結果、波長分散が適度に補償されるものとする。図11(ロ)に示した㊠の位置での断面で反射した場合には、波長分散 $\lambda_2$ の光に対して波長 $\lambda_3$ の光が長い経路を通り、波長 $\lambda_1$ の光が短い経路を通過して戻る結果、光ファイバ伝送路の波長分散特性と同じ波長分散が加えられることになり、波形は更に広がることになる。

【0021】逆に、図10(ニ)に示した㊡の位置での断面で反射した場合に、波長分散 $\lambda_2$ の光に対して波長 $\lambda_3$ の光が非常に短い経路を通り、波長 $\lambda_1$ の光が非常に長い経路を通過して戻る結果、過補償の状態になり、波形は最適波形に比較して半値幅が狭くなる。一方、更に大きな波長分散の影響を受けて図11(イ)より波形が広がって受信された波形に対しては、異なる波長毎に分岐された光を図10(ニ)の断面㊢において反射させる

と波長分散の影響が取り除かれ、逆に、過補償の状態を受信された波形に対しては、図10(ロ)の断面㊠において反射させると波長分散の影響が取り除かれる。

【0022】即ち、波長分散の影響による波形劣化の度合いに応じて非球面ミラーの最適な断面形状の箇所において異なる波長に分解された光を反射させることによって波長分散による波形劣化を補償することができる。従って、図9に示したVIPA波長分散補償器において、移動ステージ3をX軸方向に移動させて、非球面ミラーの最適な断面形状において反射させることによって波長分散による波形劣化を補償することができる。

【0023】図示は省略しているが、上記の如く補償された波長分散特性を監視して、例えば、全ての波長における波長分散の絶対値が所定値以下になるように移動ステージ3の位置を制御する構成を備えれば、光ファイバ伝送路の波長分散特性に変化が生じても該変化に追従して波長分散特性を補償することができる。従って、図9に示したVIPA波長分散補償器は分散補償ファイバより優れた波長分散補償性能を発揮することができる。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】しかし、VIPA波長分散補償器によれば無条件で波長分散を補償できる訳ではなく、波長分散補償を正確に行なうことができるためには、(1)VIPAアセンブリの光軸と非球面ミラーの中心軸とが直交していること、(2)非球面ミラーの中心軸と、VIPAアセンブリが射出する異なる波長の光が集束する位置を結んだ線とが直交していること、(3)非球面ミラーの中心軸と移動ステージの走行軸が平行であることが条件となる。

【0025】これは、非球面ミラーの中心軸に当たる波長の光は、移動ステージを移動しても必ず該中心軸に当たること、異なる波長の光は該中心軸を中心に直角な線上で非球面ミラーに当たることを前提に、非球面ミラーの表面形状を設計しているためである。逆にいえば、非球面ミラーの中心軸に当たる波長の光は、移動ステージを移動しても必ず該中心軸に当たること、異なる波長の光は該中心軸を中心に直角に当たることが前提にならないと、VIPAアセンブリと非球面ミラーを結合したVIPA波長分散補償器によって正確な波長分散の補償を行なうことが不可能になるのである。

【0026】図7は、非球面ミラーの設置角度と光ビームの入射位置の関係を示す図で、非球面ミラーの設置によって波長分散補償に問題が生ずることを説明するための一例である。図7において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。ここで、2-1は非球面ミラー2の中心軸であり、符号は付していないが、実線の小円は特定の波長の光ビームを中心軸2-1上に入射した場合の該光ビームの断面を示しており、破線の小楕円は複数の波長を含む光ビームを非球面ミラーの表面に入射した場合の該光ビームの断面を示している。尚、該小楕円を

光ビームの「有効断面」と呼ぶことにする。

【0027】さて、図7（イ）及び図7（ロ）は、非球面ミラー2の中心軸2-1が移動ステージ3上に移動ステージ3の走行軸に平行に固定されている場合を示している。従って、移動ステージ3が移動して非球面ミラー2への光ビームの入射位置の水平位置が変わっても、中心軸2-1に対する入射位置の高さには変化がない。従って、非球面ミラー2の表面に入射した光ビームは設計通りの角度で反射する。

【0028】一方、図7（ハ）及び図7（ニ）は、非球面ミラー2の中心軸2-1が移動ステージ3上に移動ステージ3の走行軸に平行には固定されていない場合を示している。例えば、金属屑が非球面ミラー2の下面と移動ステージ3の上面との間に挟まった状態で非球面ミラー2を移動ステージ3上に固定した場合に生ずる状態である。

【0029】従って、図7（イ）及び図7（ロ）における状態と同じ高さで光ビームを非球面ミラーに当てると、光ビームと非球面ミラーの位置が図7（ハ）の場合には非球面ミラー2の中心軸2-1を中心に下側に多く当たることになり、光ビームと非球面ミラーの位置が図7（ニ）の場合には光ビームは非球面ミラー2の中心軸2-1を中心に対称に近い位置に当たることになる。

【0030】しかし、図7（ハ）及び図7（ニ）の状態では、光ビームの中心が中心軸2-1上に当たる位置は一箇所だけに限定され、しかも、光ビームを示す小楕円の長軸と中心軸2-1は直交することがない。従って、図7（ハ）及び図7（ニ）の状態では、非球面ミラー2の表面に入射した光ビームは設計通りの角度で反射せず、VIPA波長分散補償器で与えられる波長分散は望ましい特性に対して誤差を持つことになる。

【0031】又、図7（イ）及び図7（ロ）において、非球面ミラー2の中心軸2-1が移動ステージ3の表面と平行に固定されていても、中心軸2-1が移動ステージ3の走行軸に平行になっていない場合には、移動ステージの移動量と光ビームが当たる位置の非球面ミラーの反射面上での移動量が等しくならず、やはり、VIPA波長分散補償器で与えられる波長分散は望ましい特性に対して誤差を持つことになる。

【0032】図7では、非球面ミラーの設置状態で波長分散特性が所望の特性にならない原因のうち、図示が最も簡単な1つのケースのみを説明したが、かくの如く、波長分散特性を所望の特性にするためには非球面ミラーの設置状態が重要な意味を持っている。本発明は、かかる問題に鑑み、波長分散補償器を構成する非球面ミラーの中心軸を正確な方向に調整して波長分散補償器の正確な波長分散特性を実現する、波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置、及び、波長分散補償器の組み立て方法を提供することを目的とする。

【0033】

【課題を解決するための手段】第一の発明は、検知光学系の光軸をZ軸とし、該検知光学系が検知した画像の撮像手段によって規定される、Z軸と直交する2次元座標をX軸及びY軸とする時、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して得られる該非球面ミラーからの反射光による、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整と、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とがなす角度の調整とを行なうことを特徴とする波長分散補償器の光軸調整方法である。

【0034】第一の発明によれば、Z軸方向から該非球面ミラーに平行光を照射して得られる該非球面ミラーからの反射光によって、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうと共に該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行ない、又、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに照射した光を検出した該移動ステージの基準位置の移動ベクトルのY軸とがなす角度の調整とを行なうので、非球面ミラーの中心軸はZ軸に対して直交し、且つ、該非球面ミラーの中心軸は該非球面ミラーを搭載する移動ステージの走行軸と平行になるので、該非球面ミラーを反射してVIPAアセンブリを構成する光ファイバに到達する波長が異なる光に与えられる波長分散の補償量を正確に設定することができる。

【0035】第二の発明は、第一の発明の波長分散補償器の光軸調整方法において、上記Z軸方向から上記非球面ミラーに照射する平行光を、X軸方向及びY軸方向に線状に整形されたレーザ光とすることを特徴とする波長分散補償器の光軸調整方法である。第二の発明によれば、第一の発明の波長分散補償器の光軸調整方法において、上記Z軸方向から上記非球面ミラーに照射する平行光を、X軸方向及びY軸方向に線状に整形されたレーザ光とすることで平行度が向上するので、検知感度を向上させることができ、該非球面ミラーの中心軸の法線と該平行光の光軸とがなす角度の調整、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整が更に容易になる。

【0036】第三の発明は、検知光学系の光軸をZ軸とし、該検知光学系が検知した画像の撮像手段によって規定される、Z軸と直交する2次元座標をX軸及びY軸とする時、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して該非球面ミラーからの反射光を検出する光学系と、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうためにX-Y平面をX軸及びY軸まわりで回転させるゴニオ・ステージ、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行なうための調整ハンドと、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステー

ジに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とのなす角度の調整を行なうためのX-Y平面をX軸方向とY軸方向に移動させるX-Yステージ、及び、X-Y平面をZ軸まわりに回転させる回転ステージとを備えることを特徴とする波長分散補償器の光軸調整装置である。

【0037】第三の発明によれば、波長分散補償器の光軸調整装置が、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して該非球面ミラーからの反射光を検出する検出光学系と、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうためにX-Y平面をX軸及びY軸まわりで回転させるゴニオ・ステージ、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行なうための調整ハンドと、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とがなす角度の調整を行なうためのX-Y平面をX軸方向とY軸方向に移動させるX-Yステージ、及び、X-Y平面をZ軸まわりに回転させる回転ステージとを備えるので、この波長分散補償器の光軸調整装置を使用することによって、非球面ミラーの中心軸はZ軸に対して直交し、且つ、該非球面ミラーの中心軸は該非球面ミラーを搭載する移動ステージの走行軸と平行になるので、該非球面ミラーを反射してVIPAAセンブリを構成する光ファイバに到達する波長が異なる光に与えられる波長分散の補償量を正確に設定することができる。

【0038】第四の発明は、第三の発明の波長分散補償器の光軸調整装置を使用して該非球面ミラーの中心軸を適性な方向に調整した後で、VIPAAセンブリの光軸をZ軸に平行にし、該VIPAAセンブリが出力する光ビームの有効断面の長軸をY軸に平行にして、該VIPAAセンブリと、該非球面ミラーを搭載した移動ステージを搭載する部材とを固定することを特徴とする波長分散補償器の組み立て方法である。

【0039】第四の発明によれば、第三の発明の波長分散補償器の光軸調整装置を使用して該非球面ミラーの中心軸を適性な方向に調整した後で、VIPAAセンブリの光軸をZ軸に一致させ、該VIPAAセンブリが出力する光ビームの有効断面の長軸をY軸に一致させて、該VIPAAセンブリと該非球面ミラーを搭載した移動ステージを搭載する部材とを固定するので、波長分散補償器の中においてVIPAAセンブリの光軸と該非球面ミラーの中心軸とが所定の関係にて固定されるので、波長分散の補償量が正確な波長分散補償器を得ることができる。

【0040】

【発明の実施の形態】以降、図面を用いて本発明の技術の詳細に説明する。図1は、本発明の第一の実施の形態

である。図1において、2は非球面ミラー、3は非球面ミラー2を搭載、固定している移動ステージである。

【0041】4はZ軸方向から平行光を照射する平行照明、4-1は平行照明4が射出する平行光を反射させるハーフ・ミラー、5はZ軸方向の平行光成分を集光するテレセントリック・レンズ、6はテレセントリック・レンズ5が集光する光を受ける撮像手段としてのCCDカメラである。そして、平行照明4、テレセントリック・レンズ5及びCCDカメラ6によって検知光学系を構成する。

【0042】尚、平行照明4においては光ファイバから射出された光をコリメート・レンズによって平行光化してハーフ・ミラー4-1へと射出する。又、テレセントリック・レンズ5は複数のレンズを複合することによってZ軸に平行な成分の光を集光するようになっている。いずれも、公知の技術を適用して構成されるので、これ以上の説明は省略する。

【0043】7は非球面ミラー2を搭載した移動ステージ3の下からZ軸方向に光を発する透過照明、8はCCDカメラ6で撮影した画像を表示するディスプレイ、9はディスプレイ8に入力された画像の特徴に従って後述するステージを制御するコントローラである。10はX-Y平面上でX軸方向又はY軸方向に平行移動するX-Yステージ、11はX-Y平面をZ軸まわりに回転させる回転ステージ、12はX-Y平面をX軸又はY軸まわりに回転させるX-Yゴニオ・ステージ、13は非球面ミラー2の中心軸をX軸に平行な方向に向けるための調整ハンド、14は上記検知光学系をZ軸方向に移動させるZステージである。

【0044】ここで、X-Yステージ10、回転ステージ11、X-Yゴニオ・ステージ12及びZステージ14は、X-Y-Zの3次元座標中において所定の関係になるように設定されており、調整ハンド13はX-Y-Zの3次元座標中においてX-Y平面上を回動できるように配置、設定されている。上記ステージの配置、設定自体は公知の技術であるが、上記検知光学系、上記等化及び上記調整ハンドとを組み合わせて非球面ミラーの中心軸の調整を行なう点に本発明の特徴がある。

【0045】そして、非球面ミラー2を搭載した移動ステージ3はX-Yゴニオ・ステージ12の回動と共に回動し、調整ハンド13によってX-Y平面上を回動できるように配置される。図4は、非球面ミラーの搭載状態を若干詳細に示す図である。図4において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。

【0046】そして、図4(ロ)に示す如く、非球面ミラー2はミラー搭載台3-1上に接着され、ミラー搭載台3-1はL字部材3-2の穴に突起を嵌め合う形で搭載される。ここで、L字部材3-2の下面がX-Y平面に平行になるようにしておけば、上記嵌め合い箇所を中心に非球面ミラー2をX-Y平面上で調整ハンドによ

て回動させることができる。

【0047】非球面ミラー2を接着したミラー搭載台3-1を搭載したL字部材3-2は、例えば、ネジによってL字部材固定台3-3に固定する。L字部材固定台3-3には固定軸3-4が貫通しており、固定軸3-4をステージ部材3-5の穴に嵌め込んで溶接することにより、非球面ミラー2をステージ3に固定することができる。尚、固定軸3-4をステージ部材3-5の穴に嵌め込んだ時に、L字部材固定台3-3の背面がステージ部材3-5の表面に密着するような寸法にしておくことで、L字部材固定台3-3がステージ部材3-5に対して回転することを防止することができる。

【0048】尚、図4では、非球面ミラーの搭載状態及びミラー搭載台、L字部材、L字部材固定台、ステージ部材などの形状をそれほど正確には示していないが、これらの形状自体が本発明の本質では内からである。又、調整ハンドの構成を正確には示していないのも同じ理由であり、調整ハンドを構成すること自体は当業者にとって容易であることによる。

【0049】上記の如く非球面ミラー2を設置することにより、非球面ミラー2の反射面となる曲面がZ軸方向上を向く。一方、平行照明4、テレセントリック・レンズ5及びCCDカメラ6よりなる検知光学系を、X-Y平面に垂直なZ軸と平行に移動するZステージ14に固定し、平行照明4の光をハーフ・ミラー4-1によって反射させる。上記の如く非球面ミラー2の曲面がZ軸方向上を向いているので、ハーフ・ミラー4-1で反射した平行光は非球面ミラー2の曲面に当たって反射し、Z軸に平行な反射光がテレセントリック・レンズ5で集光されてCCDカメラ6で撮像される。

【0050】CCDカメラ6で撮像された画像はディスプレイ8で画像表示されると共に、コントローラ9において後述する画像処理が行なわれる。該画像処理の結果に基づいてコントローラ9によってX-Yステージ10、回転ステージ11及びX-Yゴニオ・ステージ12を制御すると共に、調整ハンド13による角度調整を行なうことによって非球面ミラー2の中心軸の法線を上記検知光学系の光学軸と平行にする。

【0051】図2は、非球面ミラーの中心軸の法線と光軸との傾きの検知方法を示す図である。図2(イ)は、検知光学系と非球面ミラーとの位置関係を示す図である。図2(イ)において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。そして、3-1はミラー搭載台、3-2はL字部材、3-3はL字部材固定台、3-4は固定軸、3-5はステージ部材である。

【0052】又、4は平行照明、4-1はハーフ・ミラー、5とテレセントリック・レンズ、6はCCDカメラである。非球面ミラー2を搭載した移動ステージ3を、X-Yゴニオ・ステージ12の回動と共に回動し、調整ハンド13によってX-Y平面上を回動できるように配

置し、図1のX-Yステージ10によって非球面ミラー2の位置を調整すれば、平行照明4の光を非球面ミラー2の中心に当てることができる。

【0053】非球面ミラー2の上面即ち反射面は先に記載したような曲面になっているので、非球面ミラー2の中心軸近傍と、該中心軸の中心近傍で該中心軸と直交する線の近傍で反射する光がテレセントリック・レンズ5によって集光されてCCDカメラ6によって撮像される。ここで、非球面ミラー2の中心軸の法線が検知光学系の光軸と平行で、該中心軸がX軸に平行であれば、CCDカメラ6が撮像した画像は図2(ロ)に示すように、X軸及びY軸に対してほぼ対称な唇状の形になる。

【0054】この画像において、X座標が負の座標AとA'において明るさが最大になる2つのY座標を求め、該2つのY座標を結ぶベクトルaを求め、同様に、X座標が正の座標BとB'において明るさが最大になる2つのY座標を求め、該2つのY座標を結ぶベクトルbを求める。同様に、Y座標が正の座標CとC'において明るさが最大になる2つのX座標を求め、該2つのX座標を結ぶベクトルcを求め、Y座標が負の座標DとD'において明るさが最大になる2つのX座標を求め、該2つのX座標を結ぶベクトルdを求める。

【0055】ここで、非球面ミラー2の中心軸の法線が検知光学系の光軸と平行で、該中心軸がX軸に平行であれば、CCDカメラ6が撮像した画像は図2(ロ)に示すようにX軸及びY軸に対して対称な唇状の形になるので、ベクトルaとベクトルbが同一直線上に乗り、ベクトルcとベクトルdが同一直線上に乗る。しかも、ベクトルaとベクトルbは中心軸に一致し、ベクトルcとベクトルdは該中心軸の中心付近で該中心軸に直交する線に一致して、図2(ハ)に示す関係になる。

【0056】一方、非球面ミラー2の中心軸の法線が検知光学系の光軸と平行でないか、又は、該中心軸がX軸に平行でない場合には、CCDカメラ6で撮像した画像のX軸及びY軸に関する対称性が失われ、上記の如く求めたベクトルaとベクトルbは同一直線上に乗らず、ベクトルcとベクトルdも同一直線上に乗らない。従って、図1のコントローラ9によってX-Yゴニオ・ステージ12を制御して非球面ミラー2の中心軸の法線を検知光学系の光軸と平行に制御し、図1の調整ハンド13を制御して非球面ミラー2の中心軸をX軸に平行に制御すれば、非球面ミラー2のZ軸に対する位置関係を最適に制御することができる。

【0057】図3は、移動ステージ走行軸の光軸まわりの回転角の検知方法を示す図である。図3(イ)は、検知光学系、非球面ミラー及び透過の位置関係を示す図である。図3(イ)において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。そして、3-1はミラー搭載台、3-2はL字部材、3-3はL字部材固定台、3-4は固定軸、3-5はステージ部材、3-6はL字部材3-3



の所定の位置に設けた基準穴である。

【0058】尚、図3（イ）においては、非球面ミラー2を図示していないので、非球面ミラー2を一旦取り外したかのようにあるが、基準穴3-6が非球面ミラー2の下にならない位置に設けておくことによって、移動ステージ走行軸の光軸まわりの回転角を検知するに当たって非球面ミラー2を取り外す必要がなくなる。つまり、上記調整の結果を失うことがなくなる。

【0059】又、4は平行照明、4-1はハーフ・ミラー、5はテレセントリック・レンズ、6はCCDカメラ、7は透過照明である。移動ステージの走行軸の光軸まわりの回転角を検知する場合には、平行照明4からの照明はオフにし、透過照明7からZ軸方向に、移動ステージ3の下側から照明し、基準穴3-6を透過した光をCCDカメラ6で検知する。

【0060】上記操作を移動ステージ3の移動前と移動後に行なって基準穴の移動方向を示すベクトルを求めれば、図3（ロ）に示す如きベクトルを得ることができる。該ベクトルがとりもなおさず移動ステージ3の走行軸である。つまり、該ベクトルとX軸がなす角によって移動ステージ走行軸の光軸まわりの回転角を検知することができる。既に、非球面ミラーの中心軸の法線がZ軸（光軸）と平行になっており、該中心軸がX軸と平行になっているので、検知した回転角だけコントローラ9によって回転ステージを回転させることによって移動ステージの走行軸の光軸まわりの回転角を補正することができ、非球面ミラーを最適な位置関係に設定することができる。

【0061】ここで、図1及び図3においては、Z軸下方向から移動ステージ3に透過照明を当てて、移動ステージ上に形成した基準穴を検出することによって移動ステージ上の基準位置を検出する例を説明したが、照明をZ軸上方向からあてて、移動ステージ上に形成した反射率が異なる部位を検出することによって移動ステージ上の基準位置を検出することもできることを書き添えておく。

【0062】図5は、本発明の第二の実施の形態である。図5において、2は非球面ミラー、3は移動ステージである。そして、3-1はミラー搭載台、3-2はL字部材、3-3はL字部材固定台、3-4は固定軸、3-5はステージ部材である。又、15は十字レーザ、4-1はハーフ・ミラー、5はテレセントリック・レンズ、6はCCDカメラである。

【0063】ここで、十字レーザとは、レーザ光を直交する2つのスリットを通して出射するようにしたレーザのことである。図5の場合でも、非球面ミラー2を搭載した移動ステージ3を、X-Yゴニオ・ステージ12の回転と共に回転し、調整ハンド13によってX-Y平面上を回転できるように配置し、図1のX-Yステージ10によって非球面ミラー2の位置を調整すれば、十字レ

ーザ15の一方の角度の光を非球面ミラー2の中心軸に当て、もう一方の角度の光を該中心軸と直交する線上に当てることができる。

【0064】その時に得られる反射光の画像を図5（ロ）に示している。レーザ光は極めて平行な光であり、元々、非球面ミラー2の上面は先に記載したような曲面になっているので、十字レーザ15の一方の角度の光を非球面ミラー2の中心軸に当て、もう一方の角度の光を該中心軸の中点付近で該中心軸と直交する線上に当てた時に検知画像の明るさが最も明るくなり、十字からの画像形状のずれは少ない。これに対して、少しでも非球面ミラー2の配置がずれるとレーザ光を検知することができなくなるため、非球面ミラー2の法線と検知光学系の光学軸の平行度の検知感度が向上する。

【0065】このようにして非球面ミラー2の法線と検知光学系の光学軸の平行度を確認した後の、移動ステージの走行軸の傾斜角を確認する手段は上記の手段と同じでよい。上記の如くして非球面ミラーを最適な角度で設定した後、予め光学軸と光ビームの有効断面を正確に設定して組み立てたVIPAAセンブリと非球面ミラーを搭載した移動ステージとを固着する。

【0066】図6は、波長分散補償器の組み立てのイメージ図である。図6において、1はVIPAAセンブリで、光ファイバ1-1、コリメート・レンズ1-2、コリメート・レンズ1-3、VIPAA1-4及びコリメート・レンズ1-5を備えて構成されており、既に、光軸と有効断面の方向を正確に調整して組み立てられたものである。従って、VIPAAセンブリ1内において光軸を示す基準線と有効断面の方向を示す基準線とが明確になっている。

【0067】2は非球面ミラー、3は移動ステージである。上記の如く、中心軸の方向を最適に調整されて調整装置に取り付けられている非球面ミラー2を、移動ステージごと移動ステージを搭載する部材（図示せず。）に搭載するのは容易である。この状態で、図1のZステージ14のZ軸方向を示す基準線にVIPAAセンブリ1の光軸方向を示す基準線を合わせ、VIPAAセンブリ1の有効断面の方向を示す基準線をY軸に平行に設定すれば、VIPAAセンブリ1と移動ステージ3の相対的な位置を決定できる。従って、上記設定後に、移動ステージ3を搭載する部材とVIPAAセンブリとを固着すれば、波長分散補償器を正確に組み立てることができる。

【0068】

【発明の効果】以上詳述した如く、本発明により、波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法に関し、特に、波長分散補償器を構成する非球面ミラーの中心軸を正確な方向に調整して、波長分散補償器の正確な波長分散特性を実現する波長分散補償器の光軸調整方法、波長分散

補償器の光軸調整装置及び波長分散補償器の組み立て方法を実現することができる。

【0069】即ち、第一の発明によれば、Z軸方向方向から該非球面ミラーに平行光を照射して得られる該非球面ミラーからの反射光によって、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうと共に該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行ない、又、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに照射した光を検出した該移動ステージの基準位置の移動ベクトルのY軸とがなす角度の調整とを行なうので、非球面ミラーの中心軸はZ軸に対して直交し、且つ、該非球面ミラーの中心軸は該非球面ミラーを搭載する移動ステージの走行軸と平行になるので、該非球面ミラーを反射してVIPAAセンブリを構成する光ファイバに到達する波長が異なる光に与えられる波長分散の補償量を正確に設定することができる。

【0070】又、第二の発明によれば、第一の発明の波長分散補償器の光軸調整方法において、上記Z軸方向から上記非球面ミラーに照射する平行光を、X軸方向及びY軸方向に線状に整形されたレーザ光とすることで平行度が向上するので、検知感度を向上させることができ、該非球面ミラーの中心軸の法線と該平行光の光軸とがなす角度の調整、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整が更に容易になる。

【0071】又、第三の発明によれば、波長分散補償器の光軸調整装置が、Z軸方向から非球面ミラーに平行光を照射して該非球面ミラーからの反射光を検出する検出光学系と、該非球面ミラーの中心軸の法線とZ軸とがなす角度の調整を行なうためにX-Y平面をX軸及びY軸まわりで回転させるゴニオ・ステージ、及び、該非球面ミラーの中心軸とX軸とがなす角度の調整を行なうための調整ハンドと、Z軸方向から該非球面ミラーを搭載した移動ステージに光を照射して該移動ステージ上の基準位置を検出し、該移動ステージを移動させて該基準位置の移動ベクトルを求めて走行軸とし、該走行軸とY軸とがなす角度の調整を行なうためのX-Y平面をX軸方向とY軸方向に移動させるX-Yステージ、及び、X-Y平面をZ軸まわりに回転させる回転ステージとを備えるので、この波長分散補償器の光軸調整装置を使用することによって、非球面ミラーの中心軸はZ軸に対して直交し、且つ、該非球面ミラーの中心軸は該非球面ミラーを搭載する移動ステージの走行軸と平行になるので、該非球面ミラーを反射してVIPAAセンブリを構成する光ファイバに到達する波長が異なる光に与えられる波長分散の補償量を正確に設定することができる。

【0072】更に、第四の発明によれば、第三の発明の波長分散補償器の光軸調整装置を使用して該非球面ミラーの中心軸を適性な方向に調整した後で、VIPAAセンブリの光軸をZ軸に一致させ、該VIPAAセンブリが出力する光ビームの有効断面の長軸をY軸に一致させ

て、該VIPAAセンブリと該非球面ミラーを搭載した移動ステージを搭載する部材とを固定するので、波長分散補償器の中においてVIPAAセンブリの光軸と該非球面ミラーの中心軸とが所定の関係にて固定されるので、波長分散の補償量が正確な波長分散補償器を得ることができる。

【0073】これにより、光伝送システムの伝送特性の改善と伝送特性の安定化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第一の実施の形態。

【図2】 非球面ミラーの中心軸の法線と光軸との傾きの検知方法。

【図3】 移動ステージ走行軸の光軸まわりの回転角の検知方法。

【図4】 非球面ミラーの搭載状態。

【図5】 本発明の第二の実施の形態。

【図6】 波長分散補償器の組み立てイメージ図。

【図7】 非球面ミラーの設置角度と光ビームの入射位置の関係。

【図8】 波長分散の補償。

【図9】 VIPA波長分散補償器。

【図10】 非球面ミラーの役割。

【図11】 非球面ミラーの断面形状と補償後の波形。

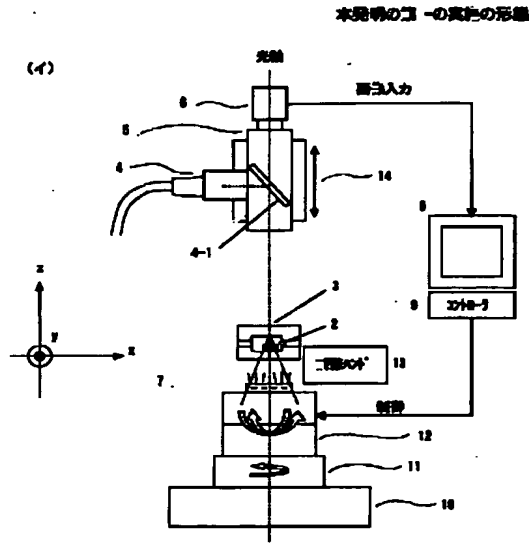
【符号の説明】

- 1 VIPAAセンブリ
- 1-1 光ファイバ
- 1-2 コリメート・レンズ
- 1-3 コリメート・レンズ
- 1-4 VIPA
- 1-5 コリメート・レンズ
- 2 非球面ミラー
- 2-1 中心軸
- 3 移動ステージ
- 3-1 ミラー搭載台
- 3-2 L字部材
- 3-3 L字部材固定台
- 3-4 固定軸
- 3-5 ステージ部材
- 3-6 基準穴
- 4 平行照明
- 4-1 ハーフ・ミラー
- 5 テレセントリック・レンズ
- 6 CCDカメラ
- 7 透過照明
- 8 ディスプレイ
- 9 コントローラ
- 10 X-Yステージ
- 11 回転ステージ
- 12 X-Yゴニオ・ステージ
- 13 調整ハンド

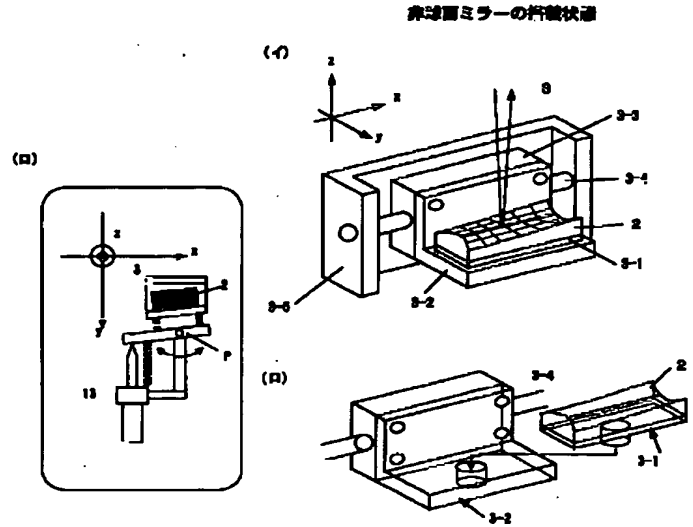
14 Zステージ

15 十字レーザ

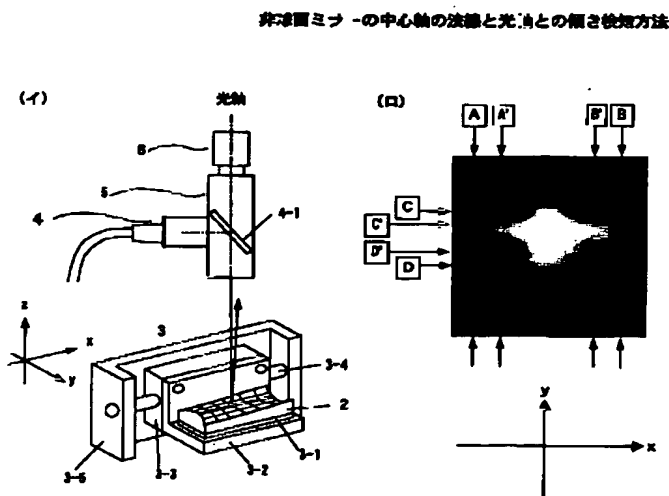
【図1】



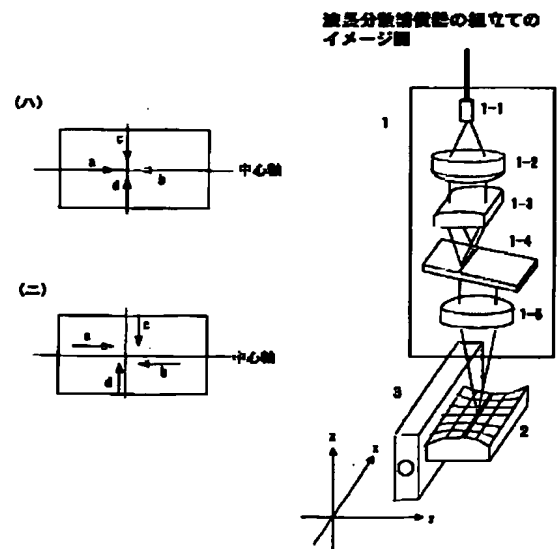
【図4】



【図2】

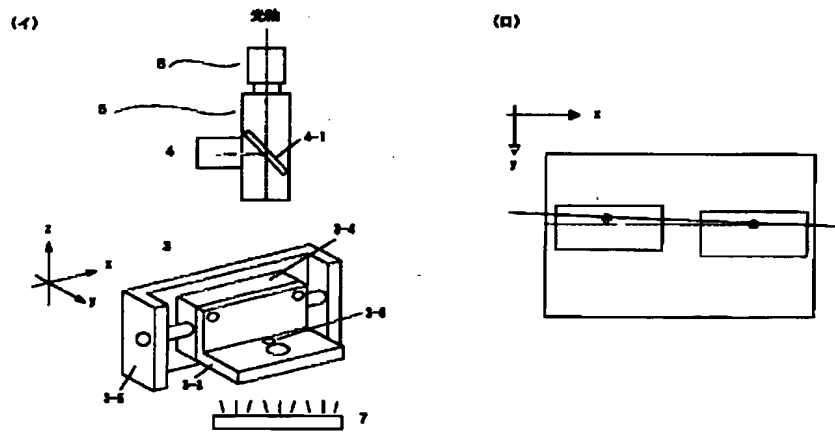


【図6】



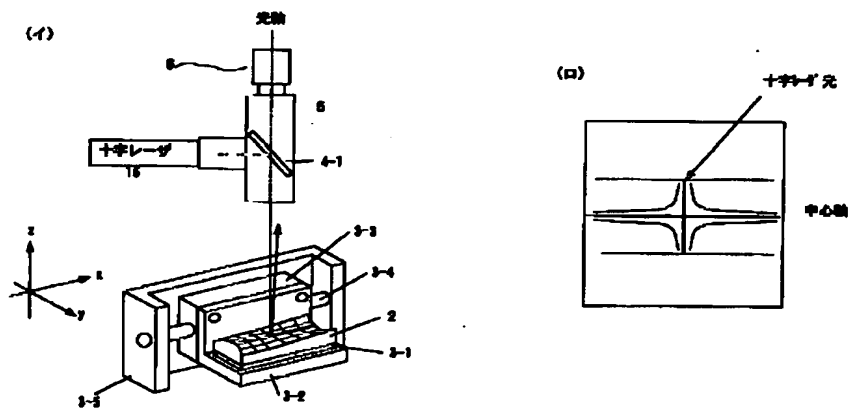
【図3】

移動レンズ主軸線の光軸まわりの傾斜角の使用方法



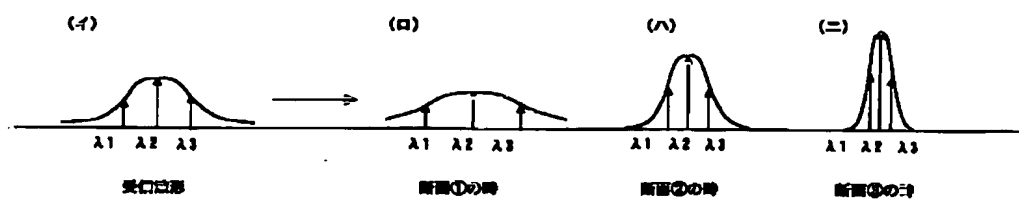
【図5】

本発明の第二の実施形態



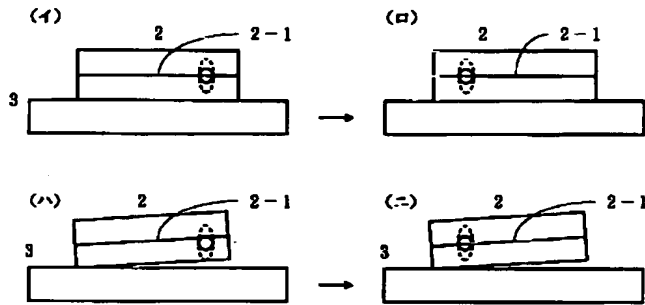
【図11】

非球面ミラーの断面形状と補正後の波面



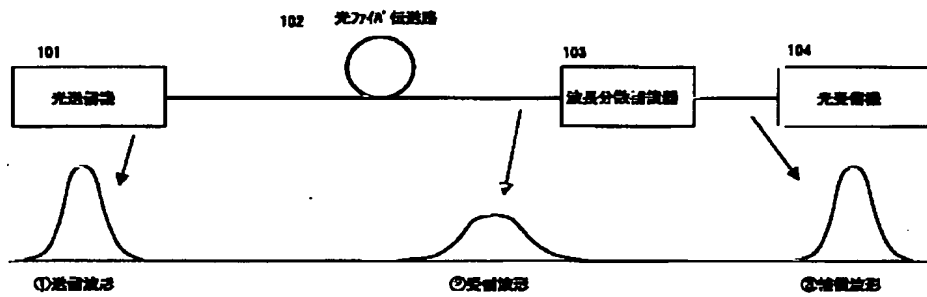
【図7】

非球面ミラーの設置角度と光ビームの入射位置の関係



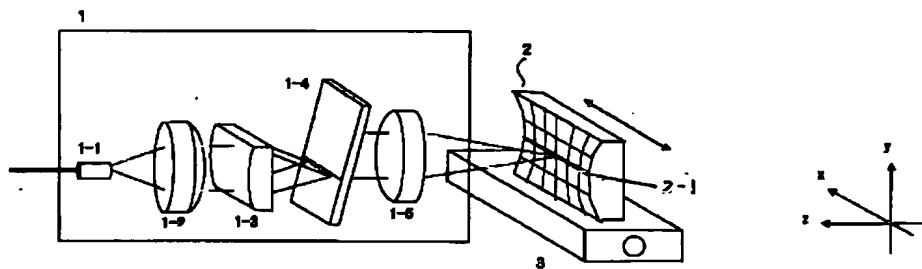
【図8】

波長分散の様子



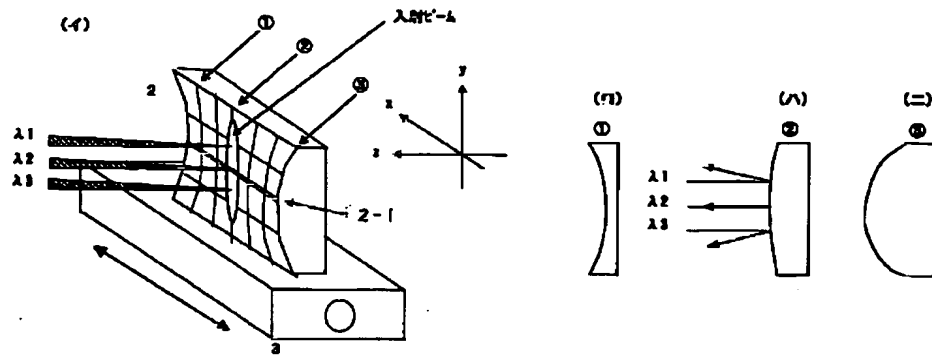
【図9】

VIPA波長分散検出器



【図10】

波面図の役割



フロントページの続き

(72)発明者 若菜 伸一  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2H041 AA21 AB14 AC01 AZ03 AZ05  
2H043 AD04 AD11 AD13 AD21 BB07  
BC01